

## 全帯域でSN比を一定とするインパルス応答測定信号 (CSN-TSP)の実環境における有効性の検討\*

◎落合裕一, 金田豊 (東京電機大・工)

### 1 はじめに

音響インパルス応答の測定には、高いSN比が望まれており、TSP信号など測定用信号の改良が進められている[1][2]。前回の報告では、伝達関数のパワーの小さい帯域の特性把握を目的として、全帯域でSN比を一定とするCSN (Constant Signal to Noise ratio) - TSP信号を提案し、シミュレーションにより有効性を確認した。本報告では、実環境測定のための測定方法を提案する。

### 2 CSN-TSP信号

図1にインパルス応答測定原理を周波数領域で示す(簡単のため、変数 $\omega$ )は省略する)。スペクトル $S$ を持った測定信号を、伝達関数 $H$ の未知系に入力し、伝達関数の推定値 $\hat{H} = H + N_0/S$ を得る。(伝達関数はフーリエ変換を通してインパルス応答と等価である)この時、測定結果に含まれる雑音成分スペクトル $N_0/S$ が伝達関数スペクトル $H$ に比例すれば、即ち、 $C_N$ を比例定数として

$$N_0(\omega)/S(\omega) = C_N \cdot H(\omega) \quad (1)$$

となれば全帯域でSN比は一定となる。これより、測定信号に

$$S(\omega) = N_0(\omega)/C_N \cdot H(\omega) \quad (2)$$

というスペクトルを持たせればよいことがわかる。(そのようなスペクトルを持つ掃引正弦波の作成方法は文献[3]を参照)ただし、事前に $H$ は未知なので、 $H$ の測定値(推定値) $\hat{H}$ を利用した測定を繰り返すことで測定精度を上げていく。CSN-TSP信号による測定の手順を図2に示す。

### 3 実環境における測定

CSN-TSP信号は、全帯域のSN比を一定にする特徴から、伝達関数のSN比が高い帯域では信号エネルギーが小さく(正弦波の掃引時間が短く)なり、低いSN比の帯域ではエネルギーが大きく(掃引時間が長く)

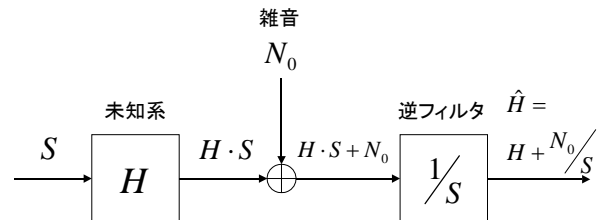


図1 インパルス応答測定原理図

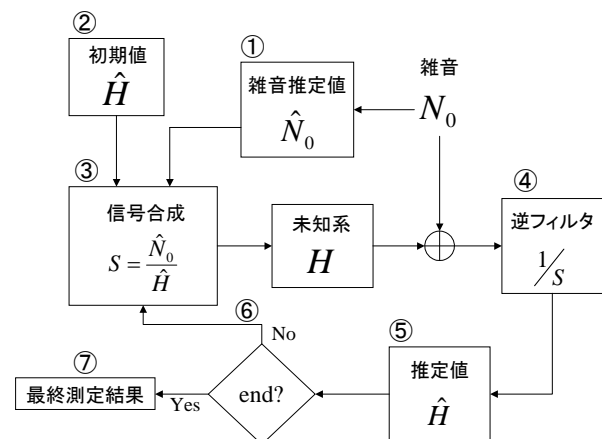


図2 CSN-TSP法の測定手順

なる性質がある。

実環境下での測定の一例として、一般的な室内において、TSP信号で測定したスピーカの伝達関数を図3青線に、雑音成分を図3黒線に示す。また、この測定値を利用して合成したCSN-TSP信号の周波数と掃引時間の関係を図4(a)に示す。

図3の青線と黒線から、150 Hz以下の帯域はSN比が悪いことがわかる。そのため、図4(a)よりCSN-TSP信号の掃引時間は、150 Hz以下の周波数帯域の掃引時間が信号長の大部分を占めており、それ以上の帯域は掃引時間が短いことが確認できる。

このように実環境での測定では、シミュレーションとは違い、スピーカの場合は音が弱くかつ雑音パワーが強い帯域など、SN比が極端に悪くなってしまう帯域が存在することがある。このような場合、信号エネルギーがその帯域にほとんど集中してしまい、全体のSN比が悪化してしまう。そのためこのよう

\* A study of CSN-TSP signal for impulse response measurement in real environment. by OCHIAI, Hirokazu and KANEDA, Yutaka (Tokyo Denki University).

な帯域を除くための帯域制限を行うことで、実環境においても良好な等SN比を実現する方法を提案する。

#### 4 帯域制限によるSN比の向上

帯域制限をすると、対象とする帯域の掃引時間が長くなり、SN比が向上する。図4(b)より、50 Hz以上の帯域での掃引時間は全掃引時間の約1/10なので、その帯域のみを対象とすると、掃引時間は約10倍になる。対象とする周波数帯域の掃引時間が全掃引時間の1/Tのとき、その帯域のSN比は

$$10\log_{10}(T) \text{ [dB]} \quad (3)$$

向上すると考えられ、50 Hz以上の場合ならばSN比は約10dB向上する。

#### 5 帯域制限による測定実験

帯域制限をしたCSN-TSP信号でスピーカのインパルス応答を測定する実験を行った。場所は一般的な室内で、サンプリング周波数36 kHz、TSP信号長は32768、スピーカはSony製SRS-T1、スピーカとマイクロホンの距離は5 cmで測定を行った。また、雑音スペクトルは図3の黒線と同様である。

最初に、帯域制限をせず合成したCSN-TSP信号(図4(a))で測定した伝達関数を図5の青線、含まれる雑音成分を黒線に示す。図5の青線と黒線の比較より、全帯域のSN比は約10 dBでほぼ一定であるが、周波数特性には雑音の影響による変動が確認できる。

次に、50 Hz以上に帯域制限したCSN-TSP信号を合成し測定した伝達関数を図6の青線、含まれる雑音成分を図6の黒線に示す。図6の青線と黒線の差を比較すると、SN比が約20 dBで一定となっており、帯域制限をしないときに比べ、約10 dBのSN比向上しており、特性の変動も減少している。

#### 6 むすび

本報告では、CSN-TSP信号の実環境での測定でも、SN比を一定とすることができることを確認した。また、指定したSN比を得るための信号設計方法を示した。

#### 参考文献

- [1] 藤本, 音講論集, pp.555-556, (2000.3).
- [2] 森勢ほか, 信学論, J89-A, 7-14 (2006).
- [3] 守谷ほか, 音学誌, 64, 695-701, (2008).

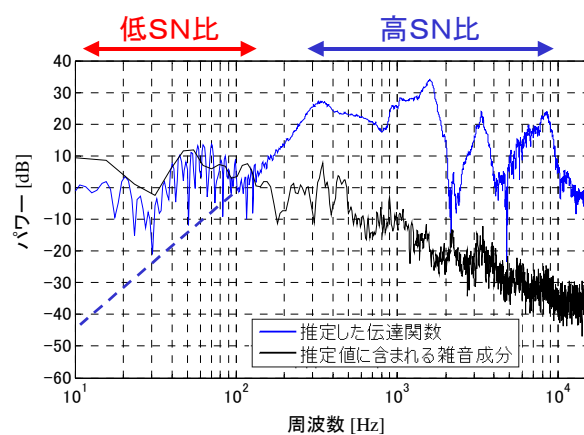


図3 TSP信号による測定結果

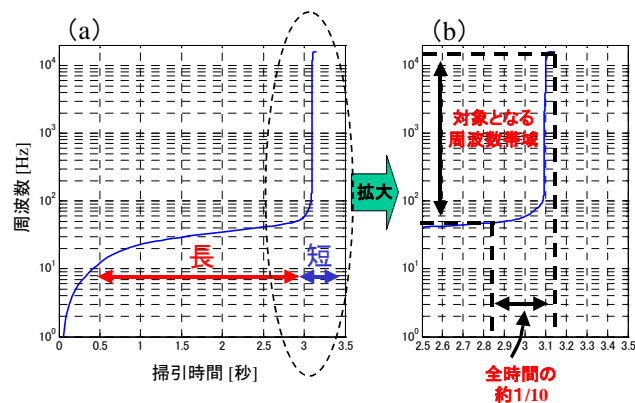


図4 帯域制限なしの掃引時間

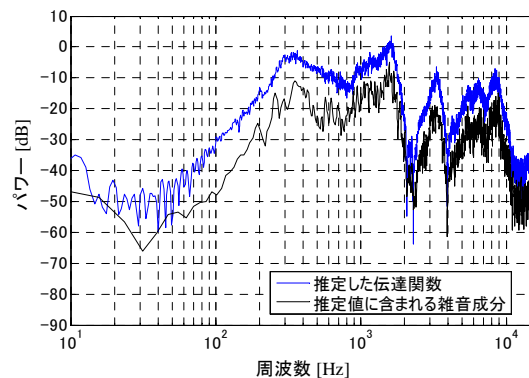


図5 帯域制限なしのCSN-TSP信号による測定結果

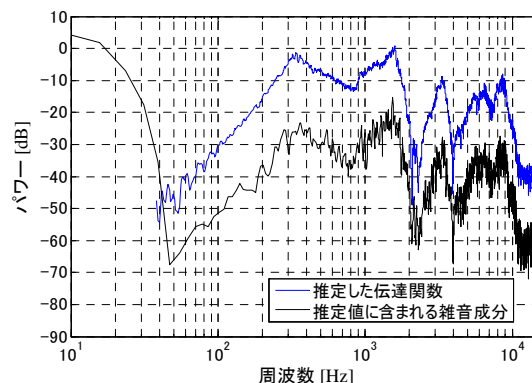


図6 50 Hz以上に帯域制限した結果